

· 一线动态 ·

# 直接空冷机组运行刍议

Discussion on the operation of direct air-cooled unit

沈亭

SHEN Ting

(华电宁夏灵武发电有限公司, 宁夏 灵武 750400)

(Huadian Ningxia Lingwu Power Generation Corporation Limited, Lingwu 750400, China)

**摘要:**介绍了直接空冷机组设备的布置及其优点。在此基础上论述了直接空冷机组在运行中出现的问题,分析了出现问题的原因,提出了相应的措施和解决方案,降低了故障发生率,保证了机组正常运行。

**关键词:**直接空冷机组;夏季出力;冬季防冻;风机运行;保护设施

**中图分类号:**TK 264.1      **文献标志码:**B      **文章编号:**1674-1951(2008)08-0001-03

**Abstract:**The device arrangement and advantageous of direct air-cooled unit were introduced. The problems occurred in operation of direct air cooled unit were expounded, and the causes of these problems were analyzed. By taking relevant measures and solving schemes the failure rate was reduced and the unit trouble-free running has been ensured.

**Key words:**direct air-cooled unit; power output in summer; anti-freezing in winter; fan operation; protective facility

## 1 直接空冷机组设备布置及其优点

### 1.1 空冷装置简介

华电宁夏灵武发电有限公司一期工程空冷岛系统由德国GEA设计, #1机组设备安装由山东电建三公司施工, 钢结构架由宁夏电建公司施工。从2006年10月开始钢结构架安装, 到2007年3月设备安装完成, 历时7个月。

空冷凝汽器布置在主厂房A排外高架平台上, 钢结构平台由16根混凝土支柱支撑, 支柱高38 m, 直径4 m, 柱底标高-4 m。钢结构平台长93.72 m, 宽81.3 m, 高7 m, 平台标高45 m, 钢结构总质量3300 t。为减小外部空气对空冷凝汽器的影响, 在钢结构平台上部周围布置挡风墙, 挡风墙高13.5 m, 空冷岛最顶部标高58.5 m。

出厂房为2根直径6 m的水平段排汽管道, 至空冷岛顶部分为8根直径3 m支管(即蒸汽分配管), 蒸汽从蒸汽分配管由上到下经翅片管束冷却凝结成水, 在管束下部集水箱汇流后由凝结水管道

输送回厂房内排汽装置下部热井内, 进入下一个做功循环。

在每列管束的8片逆流管束顶部, 安装抽空气管道, 在机组启动前开启3台真空泵抽出凝汽器内的空气, 机组正常运行开启1台真空泵维持真空。

空冷岛共有560片翅片管束, 它与56台风机组成56个换热单元, 分为8列, 每列7组, 每组之间装有分隔墙, 使每个换热单元相对独立。风机直径为8910 mm, 每台风机由6片叶片组成。电机功率为132 kW, 额定电压为380 V, 最高转速为86 r/min, 可根据机组背压及气温经过调频降至20 r/min。风机全速运转情况下日耗电量17万kW·h, 厂用电占全厂的1.2%。

### 1.2 空冷机组的优点

(1)可以大量节水。直接空冷凝汽器采用空气作为最终冷却介质, 无敞开式的蒸汽/水同空气间的换热过程, 无水分蒸发/漂移损失, 避免工作用水的水质污染。因此, 采用直接空冷凝汽器系统的机组比水冷凝汽器发电机组节水约70%, 这是直接空冷机组的最大优势。

因为没有循环冷却塔, 也就没有循环水系统的

排污问题,没有冷却塔及其临近地区形成水雾和结冰问题,电厂选址非常灵活(电厂无需靠近水源建设)。这给今后电站的建设特别是富煤而干旱缺水地区的电站建设开辟出了一条新路。

(2)通过优化设计,减少了空冷系统占地面积。在水冷凝汽器系统中,循环冷却水塔和循环水泵房要单独占用一定的建设用地。采用直接空凝汽器系统,通过优化设计,可以将上述用地全部省掉。比如,将直接空凝汽器安装到汽轮机厂房房顶,或者安装在汽轮机厂房 A 列外电气设备的上面等,可使机组总占地面积减少。

(3)由于蒸汽与空气直接换热,省去了中间介质和二次换热,综合换热效率提高,运行更经济。

(4)具有较高的社会效益和与水凝汽器机组可比的经济性。在发电厂中,水冷凝汽器和直接空凝汽器都有其存在的价值。

## 2 直接空冷机组运行中的问题及对策

直接空冷系统在国内处于起步阶段,在设计和运行上均缺乏更多经验,众人所关注的不仅是空冷系统设计优化的经济性,更关心的是空冷系统的安全性,所谓安全性主要包括 2 个方面:夏季高温能否保证设计考核点的满发;在冬季低温条件下能否有效防冻。

### 2.1 夏季出力问题

由于采用空气直接冷却,在 1 年中,凝汽器真空随着环境空气温度大幅度变化,尤其在炎热的夏季,空凝汽器效率较低、真空低,可能降到 50 kPa、甚至 40 kPa 以下。汽轮机必须能适应较宽背压范围尤其是高背压工况的需要。在高背压工况运行,汽轮机会出现高温排汽。很多经验和各种实际机组的运行过程中的参数分析表明,影响机组夏季出力的关键因素在于汽轮机本身处于高背压工况下长期运行的安全性和凝结水温度高对于精处理数值的要求及给水泵的能力。

直接空凝汽器的传热面积是按照一定的环境温度设计的。当环境温度超过该温度时,汽轮机背压必然升高。虽然汽轮机可以适应较大范围的背压变化,但 1 年中总会有一段时间因背压超出设计范围使汽轮机被迫降低出力。可以采用冲洗的方法保持直接空凝汽器管束外表面清洁,减小热阻,提高直接空凝汽器的换热效率。在万不得已的情况下,也可以采用向冷却空气流中喷水的方法提高换热系数,虽然该方法耗水量很大,但在严重缺电的

情况下,在不多的几天或者十几天时间里使用还是可行的。

### 2.2 冬季防冻问题

由于直接空凝汽器在室外露天布置,在寒冷的冬季有发生冰冻的危险因素,尤其是在设备启动过程中和负荷较低时及系统中聚集不可凝气体的地方易发生冰冻,这是空冷系统面临的一个严重的问题。直接空凝汽器系统结冰,会使管束和凝结水管变形,严重时会将管子冻裂,造成相关设备停运。

直接空冷系统的冬季防冻是影响电厂安全运行的一个重要问题,从国外设计和运行经验有许多措施来保证防冻是有效的。关于防冻的具体措施可以参照有关设计、调试单位的技术资料,更重要的是有关人员必须加强防冻意识,从工艺设计的角度出发,主要考虑的防冻措施有以下 3 个方面。

(1)设置逆流空凝汽器,防止凝结水在空凝汽器下部出现过冷,进而冻结的情况发生,另外可使空气和不凝结气体比较顺畅地排出,不致形成“死区”,变成冷点而使水冻结,冻裂翅片管(此方案已在华电宁夏灵武发电有限公司机组中实行)。

(2)在蒸汽管道上设置阀门,当汽轮机排热量较小且气温较低时,切断某几个散热单元的阀门,将热量集中在剩余的散热单元中,以增加其热负荷。停运的散热单元仍保持真空状态,可防止空凝汽器腐蚀,并可随时投运。华电宁夏灵武发电有限公司每台机组安置了 4 台排汽蝶阀,分别安装在第 1,2,7,8 列,可根据环境温度状况制定运行措施对散热单元进行割离。

(3)调解风机转速。

### 2.3 存在热空气再循环的可能

对于直接空凝汽器系统,由于有空冷风机强制通风,从冷空气入口到热气出口之间,会产生局部热空气再循环。热空气再循环与直接空凝汽器的几何参数有关,也与外部风速、风向等有关。热空气再循环会严重影响直接空凝汽器的效率,特别是在炎热的夏天。一般在直接空凝汽器周围安装蒸汽分配管的挡热板后,可解决热空气再循环的问题。

### 2.4 风机运行中所遇到的诸多问题

#### 2.4.1 风机的作用和重要性

直接空冷系统所需要的冷却空气,通常以机械通风方式由轴流风机提供。在日常的运行中,自动控制系统会根据汽轮机的背压来调节风机的转速。

根据笔者的经验,机组的负荷变化、环境温度变化、雨雪、风向、风速等因素均会导致汽轮机背压在一定范围内变化,进而引起风机转速的相应变化。变频装置可以控制风机在 20% ~ 100% 额定转速内调节,以适应工况要求。如果较长时间在最低转速运行,程控系统会自动停转部分风机;如果已投运风机均达到最高转速,则程控系统会自动启动其他备用风机;此外,空冷机组的冬季防冻措施也主要依靠风机的调整来实施。确切地说,风机的可靠性决定了发电机组的安全经济性,其重要性不言而喻。

#### 2.4.2 风机最低运行频率

为了保护风机的电机,GEA 及设备厂家设定了一个风机最低频率 10 Hz,即额定工况频率的 20%。后来电厂方面考虑到要保证风机齿轮箱的润滑油压力,将风机最低频率设定为 30% 额定频率,即 15 Hz。

在夏季,由于环境温度普遍较高,风机转速相应普遍高于 15 Hz,最低频率的设定值变化没有影响。但在冬季,环境温度大大低于 0 °C,可能会出现风机在最低频率状况下运行,且有凝结水过冷度依然过大的问题,可能会导致管束冻结。尽管可以采取停止部分风机的手段,但在某些负荷工况下这是需要人为判断的,或者重新设计程控以考虑最低频率下的凝结水过冷。

既要考虑冬季管束防冻,又要兼顾风机齿轮箱润滑,这是目前风机设定最低频率定值的要求。

#### 2.4.3 风机最高运行频率

风机额定最高转速频率为 50 Hz,超速运转时频率可以达到 52.5 Hz。但以目前的运行经验来看,当风机达到 50 Hz 运转时,部分风机的电流已经达到高限并报警。如果以 52.5 Hz 频率运行,电流肯定超标,而且会发生风机变频装置跳闸的事故。

在夏季,机组要尽量维持满发,必定要求风机超出额定 50 Hz 运行,达到 52.5 Hz。甚至可以说,机组全年的限满负荷出力时间在很大程度上取决于风机能否超速运转。

目前,应该要求风机变频装置厂家确认此问题,即风机能否以 52.5 Hz 长期运行。应该在夏季之前进行这样的试验,以确认机组的极限能力。

#### 2.4.4 顺流风机与逆流风机的出力匹配问题

现有的风机控制方式下,顺流风机和逆流风机接受同样的指令而同时提高或降低转速。其实,顺流和逆流风机不一定要同等程度的增减频率,逆流风机可以有稍许偏置,例如,顺流风机 35 Hz 时,逆流风机达到 38 Hz,这样,也许能够更快更有效地保

证真空,同时,经济性更好。这一点尚需要实际运行来检验。

### 2.5 有关保护的设置

由于涉及到防冻问题,因此,对于风机的控制设计了一项保护措施,即某一排凝汽器的左右任何一个凝结水温度低于 35 °C 时,相应这一排凝汽器的所有风机将跳闸;只有当凝结水温度 2 个测点均高于 35 °C 且比环境温度高 5 °C 以上时,才允许启动风机。这样,可能会导致以下一些工况发生时,运行人员缺乏灵活的应对手段。

#### 2.5.1 凝结水温度测点故障

如果任一凝结水温度测点故障,导致显示值低于 35 °C 而致使风机跳闸,将可能带来机组背压的剧烈扰动。

#### 2.5.2 发生温度低导致风机跳闸后的恢复

如果真正发生了实际凝结水温度低导致的风机跳闸,这时运行人员要启动风机必须满足上述要求,这需要一定时间,在这一段时间内会导致其他风机和凝汽器的工况发生变化,可能需要对机组的负荷进行调整。但若运行人员能够判断冻结并未实际发生,可根据程度实际情况(机组负荷、备用风机数量情况)及时启动部分风机,避免负荷的扰动。

#### 2.5.3 回暖工况不合理

对于逆流风机,必须由热工人员强制模拟 35 °C 以上温度才能使逆流风机倒转,不方便且存在隐患。

### 2.6 散热器运行中出现的问题

#### 2.6.1 散热器的腐蚀

火电空冷散热器的内表面积大。当散热器内冷却水放空后就暴露于大气中。若是钢管钢片散热器极易在内表面生成铁锈,造成腐蚀。这种腐蚀产物带到全厂水汽系统里影响蒸汽品质。即使有防腐保护措施,在启/停频繁、内表面积大的情况下,腐蚀仍是突出问题。另外,烟囱飞灰易吸附在翅片管的表面,会与空气中的酸发生反应而形成翅片管的局部腐蚀,这种产物是很难除去的。

#### 2.6.2 散热器的积灰

电厂粉尘污染很严重,湿度也很大,这就给散热器的积灰提供了有利条件。散热器的积灰将影响散热器的传热效果,所以,定期对散热器进行冲刷除尘是很有必要的。

#### 2.6.3 散热器的防冻

直接空冷系统的防冻是影响电厂安全运行的一个重要问题。在有的地区,冬季的温度很低,就有可能使散热器结冰冻结,会给散热器的传热效果带来

很大的影响,所以,必须采取有力的措施来防止散热器结冰。

### 3 结论

由于华电宁夏灵武发电有限公司的 2 台空冷机组为华电国际有限公司的首台空冷机组,在运行、检修中,相关人员存在着生产经验不足及其他问题。对此,在机组运行中,要不断吸取经验,最大程度的获取各种信息,尽可能地降低故障发生率,保证最大的经济效益。

致谢:在本文成文期间,感谢刘大虎主任与黄义堂师傅的精心指导及周围同事的帮助。

### 参考文献:

- [1] 林宝庆,刘志江,胡三季. 关于西部开发提倡空冷电站的思考[EB/OL]. (2003 - 07 - 28). [http//www.china5e.com/dissertation/power/0122.htm](http://www.china5e.com/dissertation/power/0122.htm).
- [2] (美)E S 米利阿斯. 空冷式发电厂[M]. 王俊,金承海,译. 北京:机械工业出版社,1986.

- [3] 赵之东,杨丰利. 直接空冷凝汽器的发展和现状[J]. 华北电力技术,2004(5):44 - 50.
- [4] 伍小林,刘邦泉. 直接空冷机组有关问题探讨[J]. 华北电力技术,2004(5):5 - 9.
- [5] 伍小林. 云冈热电直接空冷机组的设计思想及其运行[J]. 华北电力技术,2004(5):51 - 54.
- [6] 刘邦泉. 直接空冷机组的真空严密性试验方法及标准[M]. 华北电力技术,2004(5):10 - 12.
- [7] 王佩章. 发电厂空冷散热器的泄漏及其改进措施[J]. 电站辅机,1997(4):10 - 14.
- [8] 续宏,于天群,彭炳焕,等. 6 000 kW 机组直接空冷系统试验研究[J]. 山西电力,2003(3):1 - 4,27.
- [9] 丁尔谋. 发电厂空冷技术[M]. 北京:水利电力出版社,1992.
- [10] 杨世铭,陶文铨. 传热学[M]. 3 版. 北京:高等教育出版社,1998.

(编辑:王书平)

### 作者简介:

沈亭(1982—),男,宁夏永宁人,华电宁夏灵武发电有限公司助理工程师,主要从事空冷机组运行方面的工作。